

Timo Rintala

**Tuotantotilojen mallinnus ja layout-suunnitelma koneistamo Almille**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikan  
koulutusohjelma  
Kevät 2007



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## INSINÖÖRITYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekijä(t) Timo Rintala	
Työn nimi Tuotantotilojen mallinnus ja layout-suunnitelma koneistamo Almille	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Virtuaalinen tuotannon suunnittelu	Ohjaaja(t) Jarmo Happonen  Toimeksiantaja Mika Alm
Aika 4.6 2007	Sivumäärä ja liitteet 34+1
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty kajaanilaiselle metallialan järjestelmätoimittajalle koneistamo Alm:lle. Työn tarkoituksena oli luoda 3D-malli koneistamo Alm:n tuotantotiloista sekä koneista ja laitteista. Työssä käytettiin pääasiallisesti kahta eri ohjelmistoa, Autodesk Inventoria ja Delmia Questia. Työssä käytettiin myös Delmian Igrip -ohjelmistoa, koska aikaisemmin VTT:n luoma malli koneistamo Alm:sta oli luotu sillä. Tätä mallia käytettiin hyväksi tämän työn toteutuksessa siltä osin kuin se oli mahdollista.</p> <p>Delmia Quest on tuotannon simulointiin ja layout-suunnitteluun tarkoitettu Dassault Systemsin ohjelmisto. Tässä työssä sitä kuitenkin on käytetty vain pääosin layoutin mallintamiseen ja visualisoimiseen.</p> <p>Autodesk Inventor on erityisesti konesuunnitteluun ja mallinnukseen tarkoitettu AutoCAD-pohjainen suunnitteluohjelma. Helppokäyttöisyytensä vuoksi Inventorilla on helppo mallintaa jokseenkin hankaliakin 3D-muotoja. Yleensä rajoittavana tekijänä onkin käytettävän tietokoneen teho. Tästä syystä layout-suunnittelussa mallinnettavat koneet ja laitteet mallinnetaan vain pääpiirteittäin eikä yksityiskohtaisesti.</p> <p>Ennen mallintamisen aloitusta koneistamo Almin tuotantotilat tuli mitoittaa uudestaan, sillä olemassa olevat piirustukset eivät olleet tarkat. Tarkkojen mittausten jälkeen ensimmäiseksi mallinnettiin ulkoseinät. Ulkoseinien mallinnuksessa käytettiin Autodesk Inventor -ohjelmistoa. Aluksi seinistä tehtiin 2D-malli, joka sitten pursotettiin kolmiulotteiseksi. Koneet, joita ei ollut aikaisemmin mallinnettu VTT:n malliin, mallinnettiin samalla tavoin kuin seinät.</p> <p>Työn lopputuotoksena saatiin mallinnettua koneistamo Almin tuotantotilat koneineen Quest-ohjelmistolla. Työ dokumentoitiin kirjallisesti ja mallista saatiin kuvat DWG- ja DXF-formaateissa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Layout-suunnittelu, Mallintaminen
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School Engineering	Degree Programme Production engineering
Author(s) Timo Rintala	
Title Layout planning and production premises 3D-modelling to Alm Oy	
Optional Professional Studies Virtual production	Instructor(s) Jarmo Happonen
	Commissioned by Mika Alm
Date 4.6 2007	Total Number of Pages and Appendices 34+1
<p>This Bachelor's thesis was made for Koneistamo Alm Oy. Alm is a metal business system supplier. The purpose of the thesis was to create a 3D-model of the production premises, machines and devices.</p> <p>Mainly two different computer programs were used in the thesis, Autodesk Inventor and Delmia Quest. The Delmia Igrip software was also used because earlier one model of Koneistamo Alm had been done with this software. This model was used as much as possible in the present thesis.</p> <p>Delmia Quest is a program which is made for production simulation and layout planning. In this thesis it was used to model layout and visualize.</p> <p>Autodesk Inventor is especially meant for the machine production and modelling. Inventor is easy to use but usually the problem is the low capacity of the computer. For this reason the machines and devices were only modelled generally and not in detail.</p> <p>At first Alm's production devices had to be dimensioned because the earlier layout was not accurate. After that the walls were modelled. The machines were modelled in the same way. The thesis was documented in writing and the pictures were in the DWG and DXF formats.</p>	
Language of Thesis      Finnish	
Keywords	Layout planning, 3D-modeling
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	2
2 TUOTANTOTEKNINEN SUUNNITTELU.....	3
3 LAYOUT-SUUNNITTELU .....	4
3.1 Layout-suunnittelun yleisohjeet .....	4
3.2 Layout-suunnittelun vaiheet .....	4
3.3 Toteutuksen suunnittelu .....	13
3.4 Layout-suunnittelusta yleisesti .....	13
3.5 Teollisuusyritysten tuotantomuodoista.....	15
4 TYÖSSÄ KÄYTETYT OHJELMAT.....	19
4.1 Delmia Quest .....	19
4.2 Autodesk Inventor.....	19
4.3 Delmia Igrip.....	20
5 MALLINTAMINEN JA SIMULOINTI .....	21
5.1 Mallintamisen perusteet .....	21
5.2 Simuloinnista yleisesti.....	21
6 TYÖN TOTEUTUS.....	23
6.1 Aiheen valinta.....	23
6.2 Aloituspalaveri.....	23
6.3 Tilojen mallintaminen .....	23
6.4 Koneiden mallinnus .....	26
6.5 Koneet.....	28
7 TYÖN ANALYSOINTI.....	32
8 YHTEENVETO .....	33
LÄHTEET.....	34
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Koneistamo Alm on alihankintaan erikoistunut metallialan järjestelmätoimittaja. Työstökoneet ja muut numeerisesti ohjatut koneet mahdollistavat korkean laadun, tuottavuuden ja kilpailukykyisen hintatason lisäksi myös korkean toimitusvarmuuden. [1.]

Alm on kehittyvä ja siksi myös konekantaan investoiva koneistamo. Tästä johtuen myös layout-suunnittelu on tärkeää, sillä koneiden sopivuus ja oikea paikka olisi hyvä tietää jo ennen koneen hankkimista. Myös koneen oikea paikka tuotantoketjussa nostaa koko ketjun tehokkuutta, koska ylimääräiset työkappaleiden siirrot jäävät pois. On myös tärkeää varmistua siitä, että kone voidaan ylipäänsä asentaa suunniteltuun paikkaan. Koska koneet pääasiassa ovat hyvin raskaita, on niiden alle valettava peti, jonka päälle koneet asennetaan. Tästäkin johtuen koneen paikka pitää olla tiedossa ennen sen hankkimista. Ilman layout-suunnittelua olisi hyvin vaikeaa saada varmuus siitä, että kone todella käy paikalleen, ja ennen kaikkea siitä, että paikka on oikea.

Työn tavoitteena oli luoda 3D-mallit tuotantotiloista ja koneista koneistamo Alm Oy:lle. Tavoitteena oli myös selkeä dokumentointi ja layout-vaihtoehtojen läpikäynti ajan sallimissa puitteissa.

## 2 TUOTANTOTEKNINEN SUUNNITTELU

Tuotantotekninen suunnittelu liittyy tehdassuunnitteluun ja toisaalta tuotesuunnitteluun. Jotta voitaisiin laatia mahdollisimman pitkään kilpailukykyisenä toimiva tehdas-layout, on tuotteiden konstruktio ja valmistustekninen suunnittelu tehtävä huolellisesti ennen tuotantoteknistä suunnittelua. Suunnittelu jakautuu kahteen osaan, tuotantoprosessin suunnitteluun ja työnvaiheiden tekniseen suunnitteluun. Tuotantoprosessin suunnittelussa valitaan työnvaiheet ja tutkitaan niiden väliset riippuvuussuhteet. Tuotantoprosessilla tarkoitetaan työnvaiheiden muodostamaa kokonaisuutta, johon kuuluu työpaikat laitteineen ja niiden välinen vuorovaikutus. Työnvaiheiden tekninen suunnittelu tarkastelee työnvaiheiden työmenetelmiä ja sisältöä. Tuotantoteknisessä suunnittelussa on tavoitteena suunnitella työnkulku sellaiseksi, että tuotteen tekniset vaatimukset saavutetaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Suunnitteluprosessin edetessä joudutaan välillä palaamaan suunnittelussa taaksepäin, ja ääritapauksissa konstruktiota joudutaan muuttamaan riittävän taloudellisen valmistusprosessin saavuttamiseksi. [2.]

Päävaiheita tuotantoteknisessä suunnittelussa ovat työnvaihesuunnittelu, työnkulun analysointi ja suunnittelu, työnvaiheiden sisällön suunnittelu ja työnvaiheiden työmenetelmien suunnittelu. Työnvaihesuunnittelussa työnvaiheen valinnassa tärkeää on, että valmistusteknologia vastaa tuotteelle asetettuja teknisiä vaatimuksia. Arvioidaan myös, onko mahdollisuutta alihankintaan sekä huomioidaan tuotantomäärän vaikutus valmistusmenetelmän valintaan ja työnvaiheiden laajuus. Työnkulun analysointia ja suunnittelua tehdään yhdessä työnvaihesuunnittelun kanssa. Analysoinnissa käytetään usein apuna kaavioita. Tavoitteena on pyrkiä taloudelliseen työnvaiheketjuun. Tämä saavutetaan silloin, kun etsitään paras mahdollinen työnvaiheiden järjestys, yhdistetään työnvaiheita ja poistetaan tarpeettomat. Työnvaiheiden sisällön suunnittelussa huomioidaan työn mielekkyys ja koko tuotantoprosessin tasapainotus. Työnvaiheiden työmenetelmien suunnittelu on taloudellinen optimointitehtävä ja siinä otetaan huomioon valmistusteknologiasta johtuvat rajoitukset. Tuotantoteknisessä suunnittelussa työtä katsellaan teknologisen ja menetelmätekni- sen suunnittelun näkökulmasta. Näitä ei kuitenkaan voida erottaa toisistaan. Prosessiteollisuudessa käytetään suurelta osin valmistusteknologiaa, mutta kappale- tavaratuotannossa työmenetelmät ovat keskeisellä sijalla. [2.]

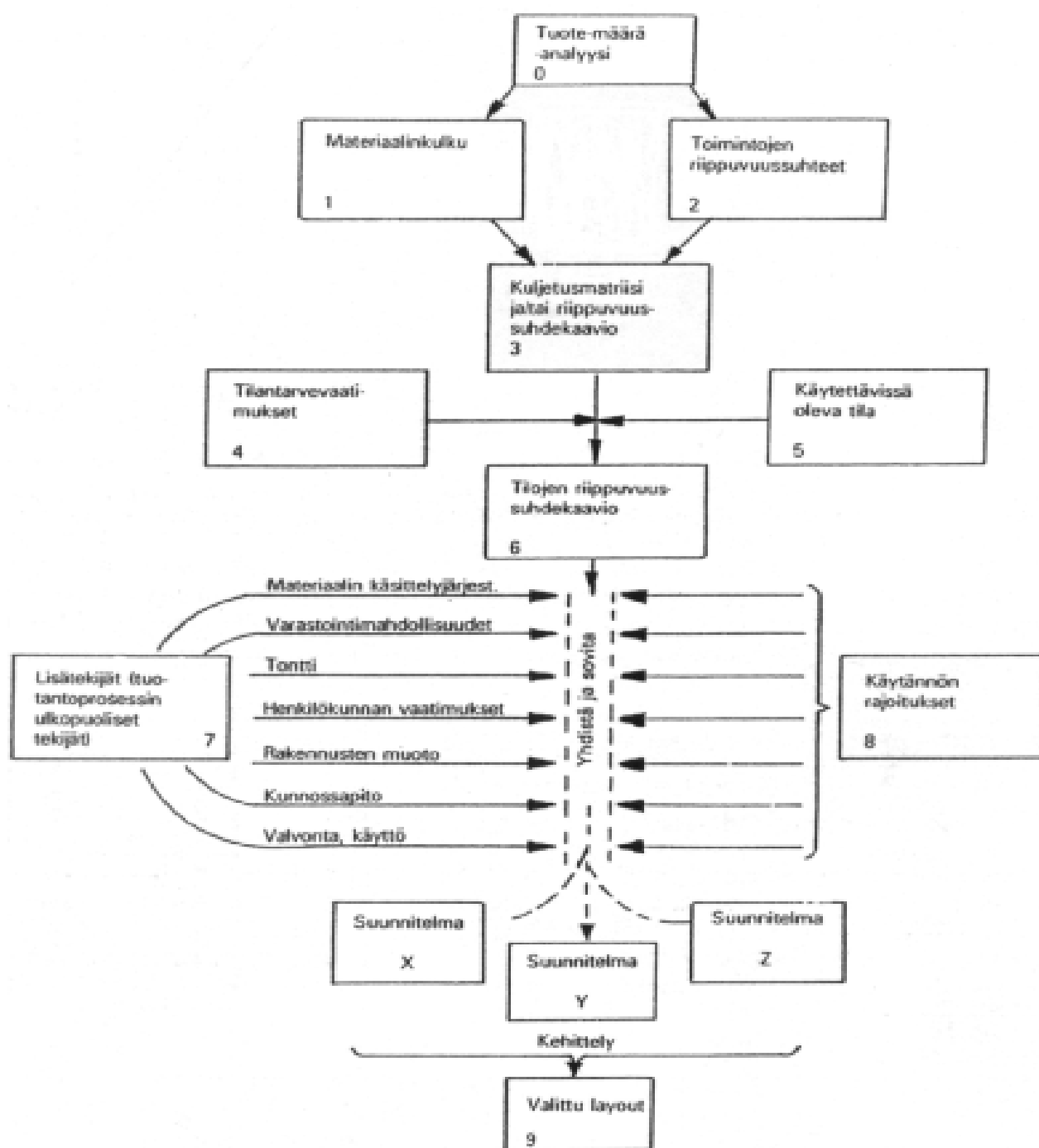
### 3 LAYOUT-SUUNNITTELU

#### 3.1 Layout-suunnittelun yleisohjeet

Layout-suunnittelussa käytetään yleisohjeita. Ensin suunnitellaan kokonaisuus ja sitten vastavaiheita. Projekti jaetaan osaprojekteiksi ja tehdään ne määräjärjestyksessä. Jotta joustavuus säilyy, osaprojektien annetaan mennä päällekkäin siten, että seuraava vaihe suunnittelun alustavasti ennen kuin edellisen vaiheen tulokset hyväksytään. Aluksi suunnitellaan materiaalivirta ja valmistusprosessi. Koneiden sijoittelu tapahtuu siihen järjestykseen kuin valmistusprosessi vaatii. Tuloksena on tuotannon layout-suunnitelma, ja sen perusteella suunnitellaan viimeiseksi rakennustilat. Laaditaan ideaaliratkaisu, jossa ei oteta huomioon mitään rajoituksia. Suunnittelua tehdään yhteistyönä henkilökunnan kanssa. Näin hyödynnetään kaikkien tietoja ja taitoja sekä otetaan huomioon toivomuksia. Suunnitelmat esitetään siten, että kaikki tulevat käyttäjät ymmärtävät ne. Suunnitelmien pitäisi olla myös helposti muutettavia. Tämän vuoksi piirustusten lisäksi käytetään taso- ja kolmiulotteisia malleja. Suunnitelma kannattaa tarkastaa hyvin ja käyttää hyväksi arvioita ja mielipiteitä. Suunnitelman muutoksiin pitää varata riittävästi aikaa. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä on paljon. Niitä ovat työntekijät, materiaali, tuotantokoneisto, huolto ja sen vaatimat tilat sekä laajennusmahdollisuus ja muutosten joustavuus. Työntekijöitä pidetään joustavimmin mukautuvana tuotannon tekijänä. Ergonomialla, työsuojelulla, työympäristöllä ja tekniikalla on suuri merkitys tuotannon suunnittelussa. Työntekijöiden viihtyvyys vaikuttaa suuresti tuottavuuteen. Lisäksi materiaalin tulisi olla jatkuvassa liikkeessä ja helposti valvottavissa. Käsittely ja siirrot on suunniteltava kokonaisuuden osaksi. Koneet ja laitteet valitaan valmistusteknologian perusteella. [2.]

#### 3.2 Layout-suunnittelun vaiheet

Kuvassa 1 on tehdassuunnittelun ajatusmalli. Sitä käytettäessä varmistetaan, että tehtävät suoritetaan oikeassa järjestyksessä, ja että kaikki tehdassuunnitteluun vaikuttavat tekijät otetaan huomioon. [2.]



Kuva 1. Tehdassuunnittelun ajatusmalli [2.]

Tuote-määräanalyysin tarkoituksena on selvittää eri tuotteiden valmistusmäärät tulevaisuudessa. Tämä tapahtuu yhdessä markkinoinnin kanssa. Kun analyysi on tehty, voidaan selvittää



tää työnvaiheajat tuotteittain ja kuormitusryhmittäin.[2.] Taulukossa 2 on esitetty työnvaihe-analyysitaulukko.

Taulukko 1. Työnvaiheanalyysi [2.]

Tuote tai tuote- ryhmä	Työn vaiheet v. 1986							
		Sahaus	Leikkaus	Särmäys	Sorvaus	Jyrsintä	Viimeistely	
	Kpl- aika, h	0,5	0,8	2	1,5	3	1,5	$\Sigma$
	Kpl/v							
A 10 A 11 A 12	400	200	320	800	600	1 200	600	3 720
B 21 B 22	130	65	104	260	195	390	195	1 209
C 12	40	20	32	80	60	120	60	372
$\Sigma$		285	456	1 140	855	1 710	855	5 301

Tuotteita voidaan yhdistää ryhmiksi, jos niillä on lähes samat työnvaiheet. Näin suunnittelun lähtökohdaksi saadaan monia tuotteita, koska suunnittelu tapahtuu yleensä eniten työtä teettävien tuotteiden perusteella. Kun käytetään useampia valmistusjärjestelmiä, päästään yleensä tehokkaampaan lopputulokseen. Seuraavaksi on esitetty tuote-määräanalyysi (taulukko 2) [2.]

Taulukko 2. Tuote-määräanalyysi [2.]

Tuote	Kpl/Vuosi						
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	$\Sigma$
A 10	200	250	300	350	450	550	2 100
A 11	100	110	120	140	160	180	810
A 12	100	120	140	160	200	240	960
B 21	80	80	120	160	200	240	880
B 22	50	55	60	70	80	90	405
C 12	40	40	50	50	55	55	290
$\Sigma$	570	655	790	930	1 145	1 355	5 445

Tuote-määräanalyysissä mukana olleet tuotteet jaetaan osiin ja niille laaditaan valmistus- tai työnkulkukaavio. Kun osia on paljon, ne voidaan analysoida mistä – mihin –kaaviolla (taulukko 3). [2.]

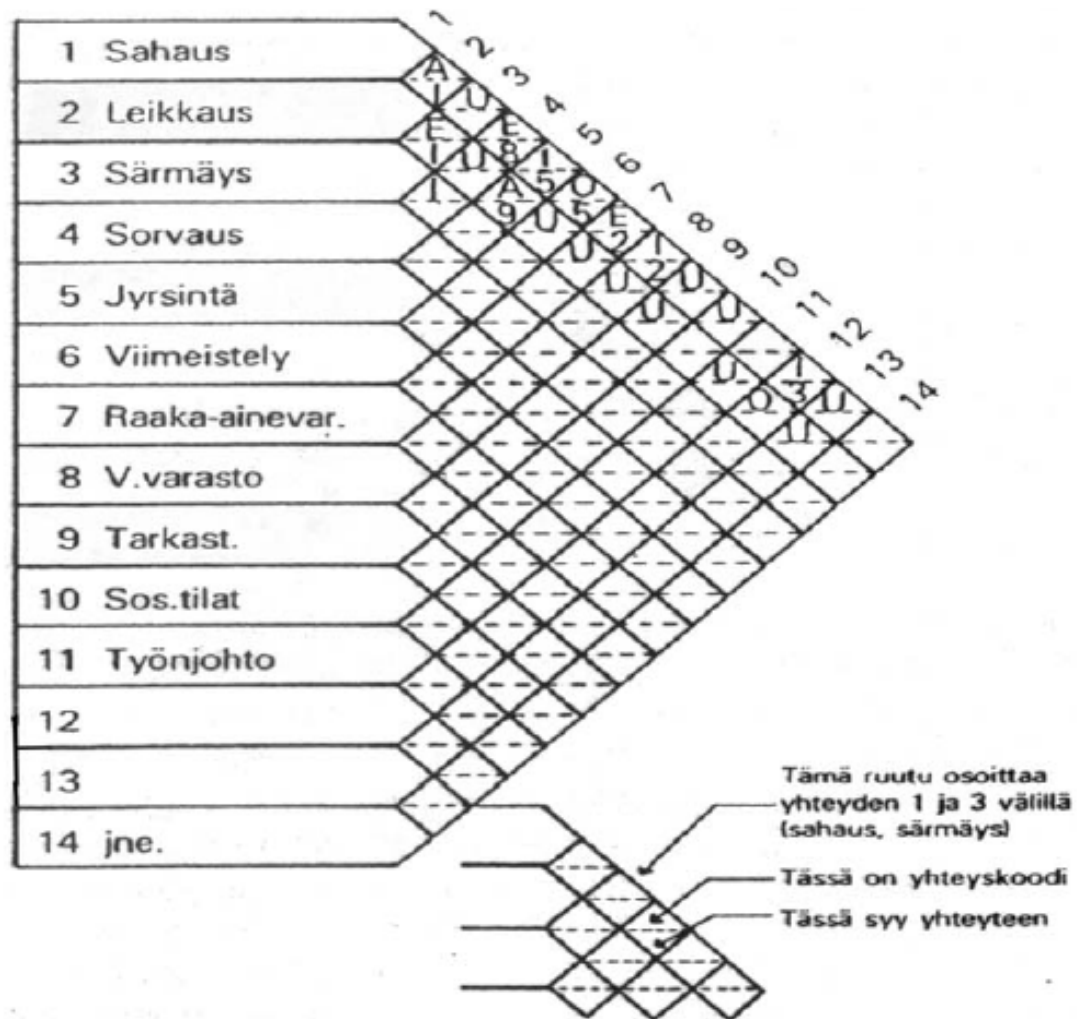
Taulukko 3. Mistä – mihin-kaavio [2.]

Mistä \ Mihin	R.a.-varasto	Sahaus	Leikkaus	Särmäys	Sorvaus	Jyrsintä	Viimeistely	V.varasto	$\Sigma$
R.a.-varasto		14	13						27
Sahaus				4	10				14
Leikkaus				13					13
Särmäys						17			17
Sorvaus						10	13	2	25
Jyrsintä					15		12		27
Viimeistely								25	25
V.varasto									
$\Sigma$		14	13	17	25	27	25	27	

Perustaksi otetaan sopiva kuljetusyksikkö. Käytettäessä useita erikokoisia kuljetusyksiköitä pitää ne yhdenmukaistaa. Myös jätteen kulku on huomioitava, jos se on merkittävä. Esimerkiksi levytyössä jätteitä syntyy paljon ja niiden käsittely on hankalaa. Monien tehdassuunnitteluprojektien ydinkysymyksiä on materiaalivirtaus. Suuret virtausmäärät voivat aiheuttaa sen, että kannattaa investoida ylimääräiseen konekapasiteettiin, jotta materiaalien läpimenoajat nopeutuvat. Kapasiteettia pidetään tuotannossa yhä harvemmin niukkuustekijänä, mutta tuotannossa olevan materiaalin arvo pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Lyhyistä toimitusajoista johtuen tuotantoprosessit joudutaan suunnittelemaan entistä nopeam-

miksi. Ongelmia materiaalin virtausanalyysissä aiheuttavat lähinnä osien yhdistäminen valmistuksen aikana ja materiaalien olotilamuutokset. [2.]

Yhteyksikaaviota (kuva 2) varten määritetään kaikki tehdassuunnittelussa vartenotettavat toiminnot ja kaaviossa kuvataan niiden välisten yhteyksien tärkeyttä.



Kuva 2. Toimintoanalyysi eli yhteyksikaavio [2.]

Yhteyksien tärkeyttä kuvaavia koodeja ovat A=määräävä, E=merkityksellinen, I=vaikuttava, O=tavallinen, U=merkityksetön ja X=ei-toivottava. Toimintojen välisten yhteyksien tarve ei aina johdu tuotantoprosessista. On huomioitava myös muut tekijät, esimerkiksi työsuojelu ja yhteinen työnjohto. [2.]

Kun kuljetuksille määrätään tiheyden perusteella koodit, saadaan yhdistetty kuljetus- ja yhteyksikaavio. Kuljetustiheydet saadaan esimerkiksi mistä – mihin -kaaviosta. Ne jaetaan tärke-

ysjärjestyksessä viiteen ryhmään kuljetusmäärien perusteella. Yhdistetty kaavio (kuva 3) laaditaan siten, että kuljetuksille ja yhteyksille määrätään painoarvo. [2.]

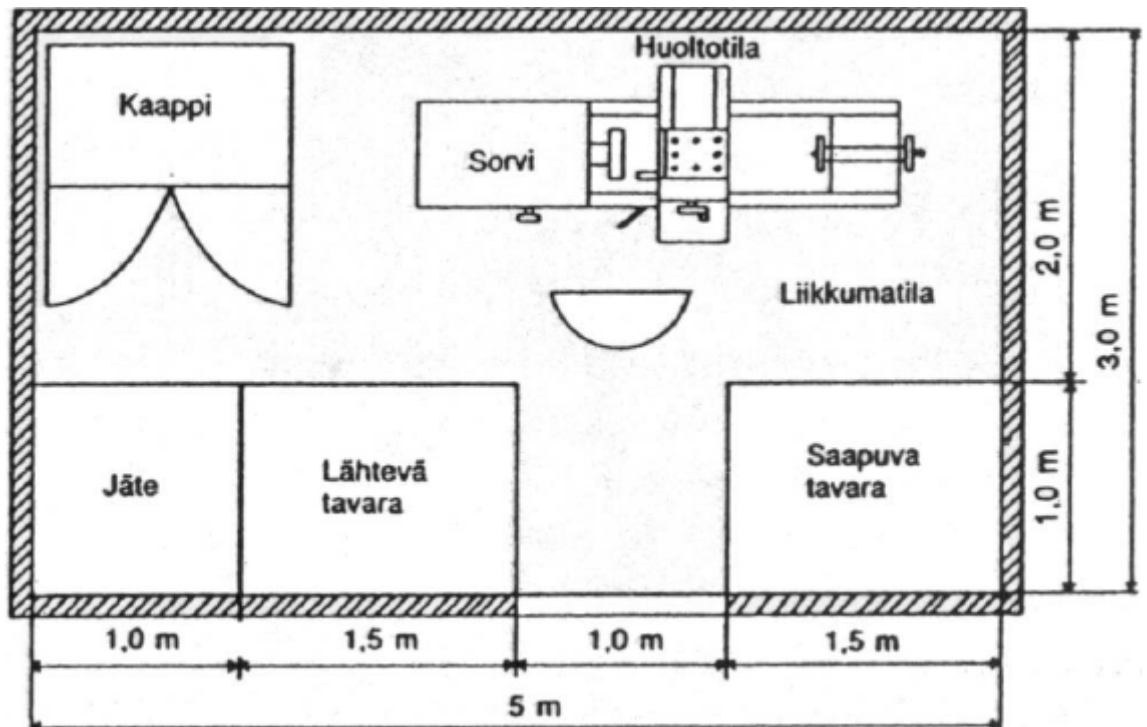
Materiaali, painoarvo 1				Yhteys, painoarvo 2			
Yhteysväli	Kuljetus- kertoja	Yhteys- koodi	Yhteys- pisteet	Syy	Yhteys- koodi	Yhteys- pisteet	Pisteet yhteensä
1. Sahaus – leikk.	–			Sama työnjohto	A	4	4
– särm.	4	U	0				0
– sorv.	10	I	4	Kuljetusrata	E	3	11
jne.							
2. Leikk. – särm.	13	I	4	Yht. työntek.	E	3	11
– sorv.	–						0
– jyrs.	–			Isot kpl-koot	A	4	4
jne.							
Kulj.kertojen max.arvo 25				Yhteispisteiden max.arvo 12			

Kuva 3. Yhdistetty kuljetus- ja yhteyskaavio [2.]

Tuotannon laatu vaikuttaa ratkaisevasti kuljetusten painoarvoon. Raskaassa konepajateollisuudessa kuljetusten painoarvo voi olla erittäin suuri, sekä kappaletavaruotannossa se on yleensä suurempi kuin toimistosuunnittelussa. [2.]

Ensimmäinen visuaalinen esitys tulevasta tehdaslayoutista on yhteyspiirros. Piirros aloitetaan yhdistämällä ensin A-riippuvuudet, sitten E-riippuvuudet, ja näin käydään läpi kaikki riippuvuudet. Kun toiminnot on sijoitettu vaaka- ja pystyriveihin ne voidaan kuvitella helpommin rakennukseen sijoitetuiksi. Tavoitteena on materiaalin kuljetusten minimointi, ja että eri toimintojen väliset muut yhteydet on otettu riittävästi huomioon. [2.]

Kaikista työpisteistä tehdään työpaikkapiirros (kuva 4). Siihen merkitään koneet, laitteet, huoltotilat työntekijöiden tilat sekä saapuvan ja lähtevän tavaratilat. [2.]



Kuva 4. Työpaikkapiirros [2.]

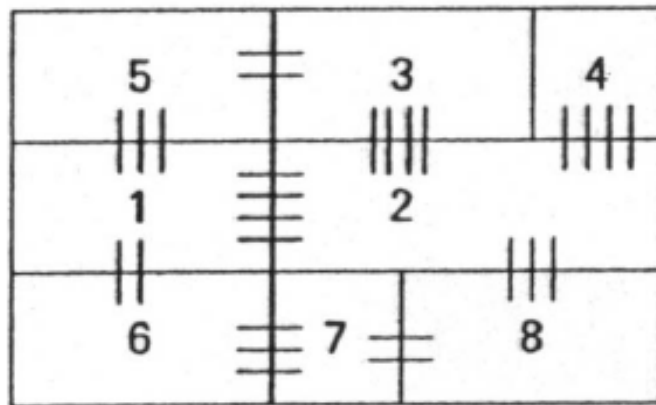
Näiden piirrosten pohjalta tehdään tiivistelmä tilojen kokonaistarpeista ja varustuksesta. [2.]

Kuva 5 esittää yhteenvedon tilojen kokonaistarpeesta.

Pinta-ala ja huoltotarve							Pvm	Laatija		Lehti		Rek. N:o	
Toiminto	Pinta-ala	Vapaa katto- korkeus	Max. katto- kuormitus	Max. lattia- kuormitus	Pienin pilarit- väli	Vesi	Paineilma	Höyry	Tulipalo ja räjähdysvaara	Ilmanvaihto paikallinen	Sähköjär- jestely	Sähkön- tarve KW	Huom.
N:o	Nimitys	m <sup>2</sup>	m	ky	ton/ m <sup>2</sup>								
1	Sahaus	20,0	2,5	500	5,0		x				380	6,0	
2	Leikkaus	15,0	4,0	500	5,0		x				380	16,0	
3	Särmäys	18,0	4,0										
4	Sorvaus	30,0	2,5										
5	Jyrsintä Jne.	8,0	2,5				x			x	380	1,0	
		1250											

Kuva 5. Yhteenvedo tilojen kokonaistarpeesta [2.]

Tarvittavien tilojen ja niiden keskinäisen sijainnin perusteella määritetään osastojen koko ja muoto. Kun näihin lisätään käytävätilat, saadaan pinta-alayhteyksikaavio (kuva 6) lopullinen muoto. [2.]



Kuva 6. Pinta-alayhteyksikaavio [2.]

Asiantuntijoiden on tarkastettava suunnitelmat. On myös keskusteltava eri viranomaisten, mm. työsuojelu- ja paloviranomaisten, kanssa. Lisäksi on tutkittava erilaisia kuljetus- ja varastojärjestelmiä. Esimerkiksi varastosuunnittelun ongelmia ovat tilantarve, kiertonopeus ja rakenteet. Vanhoissa rakennuksissa on rakenteellisia rajoituksia, kuten kantavat seinät, pilarit ja sallitut lattiakuormitukset. [2.]

Asiantuntijoiden antamien neuvojen perusteella tehdään useampia layout-suunnitelmia ja vaihtoehdot arvostellaan. Arvosteluun osallistuvat kaikki projektiryhmän jäsenet. Arvosteltavia tekijöitä ovat laajennusmahdollisuus ja joustavuus, työturvallisuus ja ergonomia, materiaa-  
livoituksen tehokkuus, tilojen hyödyntäminen, valvonnan helppous sekä investoinnin tarve. Kun yleissuunnitelma on valittu, laaditaan yksityiskohtaiset suunnitelmat, suunnitellaan rakennukset ja tehdään täsmennetyt investointilaskelmat. Yleissuunnitelman pitäisi sisältää rakennussuunnittelua varten seuraavat tiedot: rakennusten keskinäinen sijoitus, tilavuudet, tasokorkeudet, asennusaikaiset ja lopulliset kuormitukset, tiet sekä paikoitus- ja varastoalueet. Vahvistettu yleissuunnitelma määrittää yksityiskohtaisen suunnittelun lähtöarvot, joten se rajoittaa vaihtoehtoja. Yleissuunnittelussa koko tuotantolaitosta tarkastellaan toiminnallisena kokonaisuutena. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa keskitytään eri työalueiden suunnitteluun. [2.]

### 3.3 Toteutuksen suunnittelu

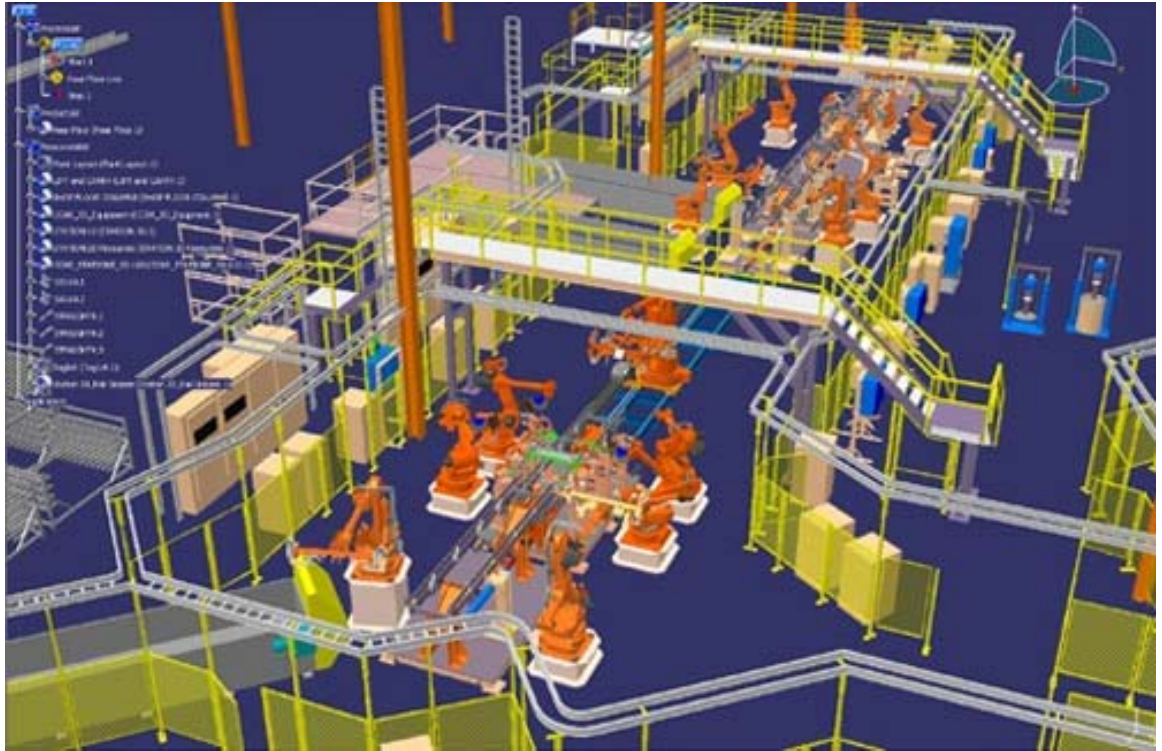
Tehdassuunnittelussa vaikein vaihe on toteutuksen suunnittelu. Eri asiantuntijoiden työt joudutaan sovittamaan yhteen määräaikaan mennessä. Tämän onnistumiseksi vaaditaan monenlaista suunnittelua: tehdassuunnitelmien viimeistely, rakennussuunnittelu rakennusasiantuntijoiden kanssa, tehtävä- ja tarvikeluetteloiden sekä aikataulujen laatiminen, teknisten eritelyjen laatiminen konetilauksia varten sekä asennustöiden ja sisäänajon suunnittelu. [2.]

Tärkein apuväline tehdassuunnitteluprojektin valvonnassa on aikataulu. Siihen vaikuttavat useat yrityksestä riippumattomat tekijät, kuten laitteiden toimitusajat ja toimitusten niveltäminen toisiinsa. Suurten toimitusprojektien valvontaa voidaan helpottaa, kun määritetään välitavoitteita. Niitä tarkkailemalla toteutuksen edistyminen on helpommin valvottavissa. [2.]

### 3.4 Layout-suunnittelusta yleisesti

Nykyään yrityksiltä vaaditaan tehokkuutta ja joustavuutta, minkä vuoksi layout-suunnittelu on tullut entistä tärkeämmäksi työkaluksi toimitiloja suunniteltaessa. Tehokkaalla layout-suunnittelulla saadaan tilan tarpeessa sekä läpimenoajoissa huomattavia säästöjä. Layout -suunnittelulla haetaan tehokasta ja järkevää tilan hallintaa ja konesijoittelua. Seuraavassa (kuva 7) on erään layout-suunnitelman osa joka on tehty Dassault systemsin Delmia Quest sovelluksella.





Kuva 7. Erään layout-suunnitelman osa [3.]

Tehokkaalla tilan käytöllä poistetaan turhan tilan tarve sekä parannetaan tuottavuutta, jolloin turhia siirtoja sarjatyössä ei jouduta tekemään. Layoutin tulisi olla myös joustava, joka mukautuu uusiinkin tuotantovaatimuksiin mahdollisimman hyvin. Koska suurin osa hankintoihin ja tiloihin liittyvistä ratkaisuista yleensä tehdään jo suunnitteluvaiheessa, tulisikin suunnitteluun panostaa erityisen paljon, sillä muutokset jälkikäteen ovat hankalia ja kalliita toteuttaa. Suunniteltaessa koneiden ja laitteiden sijoittelua työympäristöön tulisi myös ottaa huomioon huoltoon ja korjaukseen liittyvät asiat. Aivan liian usein näkee tilanteita, joissa koneet ovat liian lähekkäin ja näin vaikeasti huollettavissa. Myös turvallisuuskysymykset on otettava erityisen tarkastelun alle, ettei koneita ja laitteita asennettaisi vaarallisen lähelle toisiaan.

Nykyään suunnittelutyöt tehdään pääasiallisesti tietokonetta hyväksi käyttäen. Tämä mahdollistaa tehokkaan layouttien luomisen ja muokkaamisen. Tietokoneella tehdyt suunnitelmat ovat yleensä myös tarkempia ja luotettavampia, joten ainoastaan hyvin pieniä tilasuunnitelmia tehdään enää käsin. Tietokoneavusteisessa suunnittelussa ovat etuina nopeus ja se, että mallit ovat helposti saatavissa myös 3D-muotoon ja ovat näin visuaalisesti helpompia hahmottaa. Nykyään on käytössä monia layout-suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmia, näistä mainittakoon Delmia Quest, jota myös tässä työssä on käytetty. Tässä työssä koneet ja laitteet on

mallinnettu pääasiassa Autodesk Inventor -ohjelmalla, mutta joitain koneita on myös mallinnettu Igrip (Interactive Graphics Interface Program) -ohjelmalla.

### 3.5 Teollisuusyritysten tuotantomuodoista

Layout-suunnittelussa on otettava huomioon myös tuotantomuoto. Teollisuudessa yritykset harjoittavat yleensä joko yksittäis- tai sarjatuotantoa. Yksittäistuotannolla tarkoitetaan tuotantoa, jossa valmistetaan yksittäisiä tuotteita tai muutaman kappaleen erää. Yksittäistuotannolla voidaan käsittää myös yksittäistä, suurimittaisen projektin toteuttamista. Tämä tuotantotapa on käytössä yleensä vain raskaassa konepajateollisuudessa, kuten laivateollisuudessa. Keskiraskaassa ja kevyessä metalliteollisuudessa tätä tuotantomuotoa näkee harvoin, vaan siihen yleensä liittyy myös valmistusta pieninä sarjoina, jolloin voidaan puhua myös sekatuotannosta. [4.]

Tuotteet ja niiden valmistusmenetelmät ovat yksittäistuotannossa yksilöllisiä, eivätkä sellaisenaan yleensä toistu. Tästä johtuen yksityiskohtainen tuotantotekninen suunnittelu rajoitetaan usein tuotteen tärkeimpiin kohteisiin. Yksittäistuotanto asettaa tuotannonsuunnittelulle ja työn järjestelylle hyvinkin suuria vaatimuksia. Työntekijöiltä vaaditaan korkeaa ammattitaitoa ja työnjohdolta oman alueensa hyvää hallintaa. [4.]

Sarjatuotannossa valmistetaan samoja tai samankaltaisia tuotteita, jotka on jaettu sopivan kokoihin tuotantoeriin. Näiden erien valmistus toistuu eripituisin välein, ja nämä erät käsittävät kukin saman standardituotteen. [4.]

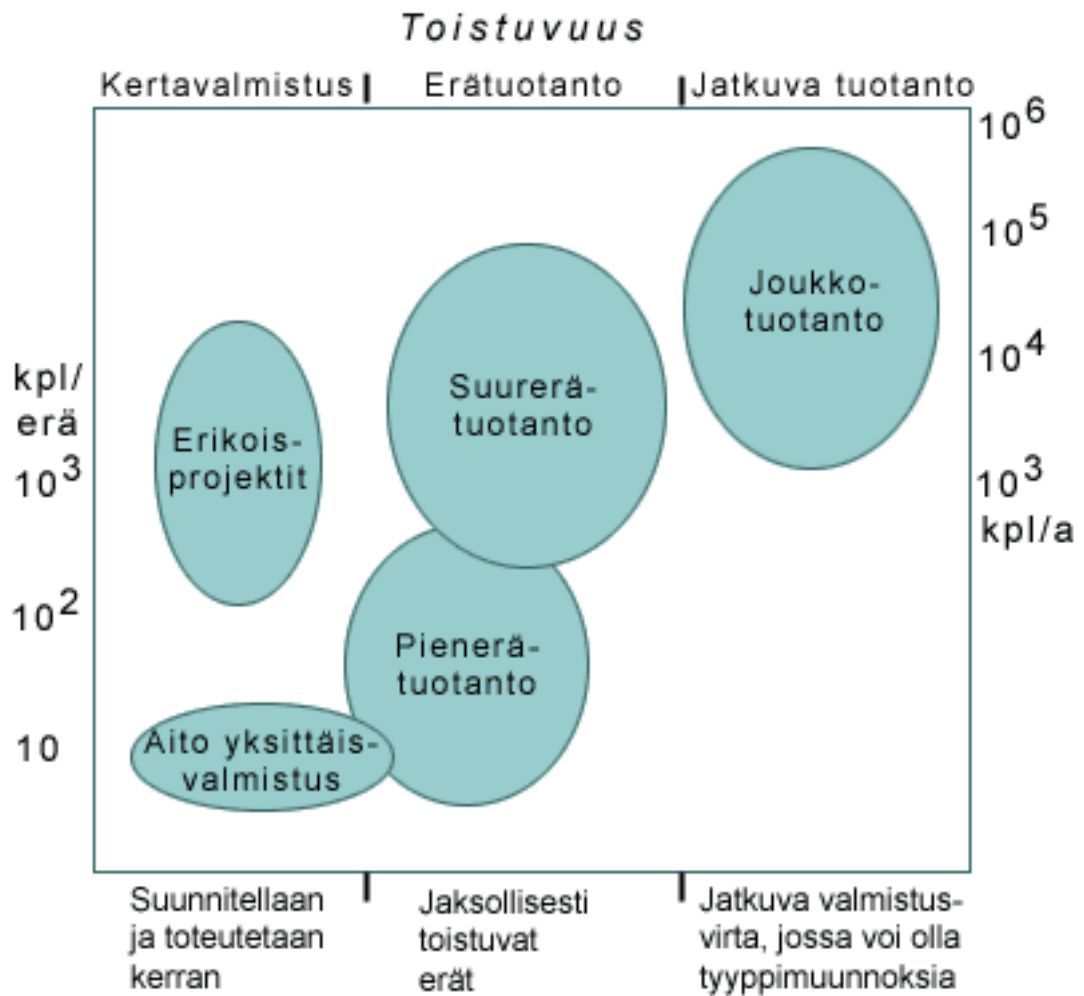
Sarjatuotanto jaetaan pääasiallisesti pien- ja suursarjatuotantoon. Pienisarjatuotannossa käytetään yleiskoneiden lisäksi ohjelmoitavia työstökoneita. Olennainen osa sarjatuotantoa on erilaiset aihion kiinnittämiseen käytettävät erikoiskiinnittimet ja ohjaimet eli jiggit. Lisäksi mittauksissa käytetään erilaisia asetus- ja tarkastustulkkeja laadun tarkkailemiseksi. Laadun on oltava tasainen ja toleranssien sellaiset, että yhteen kuuluvat osat sovittuvat kokoonpanossa automaattisesti paikoilleen. [4.]

Paras vaihtoehto tuotannon automatisoinnin ja mekanisoinnin kannalta on suursarjatuotanto. Tuotantolinjat mahdollistavat tuotteiden valmistuksen erityisen halvalla. Pienisarjatuotannon tehokkuuden parantamiseksi voidaan sarjatuotannon etuja hakea ryhmittelemällä sa-

mankaltaisia osia yhteen moduloinnin ja ryhmäteknologian avulla. Solutuotanto soveltuu parhaiten piensarjatuotantoon, mutta on myös käytettävissä suursarjatuotannossa. [4.] Tuotantomuodot jaetaan eri kriteerien mukaan kuvien 8 ja 9 esittämien tapojen mukaisesti.

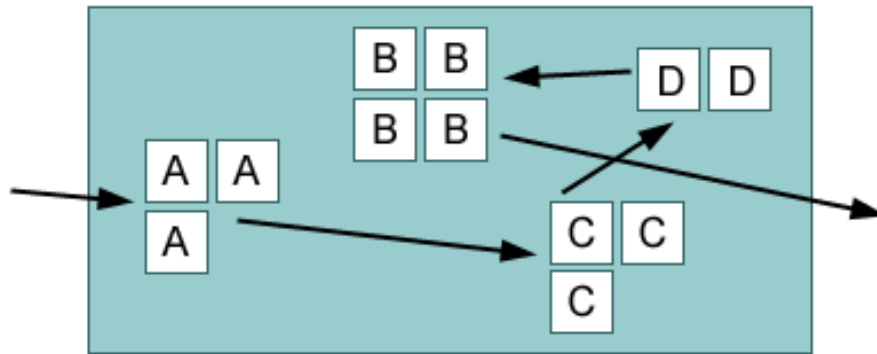


Kuva 8. Tuotannon jako eri kriteerien mukaan [4.]



Kuva 9. Volyymi ja toistuvuus sekä niitä vastaavat tuotantotyytit [4.]

Tuotantotiloissa koneet ja työpaikat voidaan järjestää eri periaatteiden mukaan. Yleensä käytetään funktionaalista, tuotantolinjatyypistä tai tuotantosoluperiaatteella toimivaa järjestelmää. Funktionaaliselle valmistusjärjestelmälle ominaista on työpaikkojen ja koneiden keskitäminen valmistusmenetelmien ja työstökoneen tyyppien mukaan. Valmistuksen edetessä työkappaletta kuljetetaan ryhmästä toiseen. Etuina funktionaalisessa järjestelmässä on helppo kuormituksen taseus sekä koneryhmien mahdollisuus erikoistua tiettyihin työstökoneisiin ja työmenetelmiin. Funktionaalisen järjestelmän haittapuolena voitaneen mainita edestakaiset kuljetukset (kuva 10) ja puskurivarastot, minkä vuoksi läpäisyajat pitenevät ja näin ollen keskeneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma kasvaa. Koska jokaista työvaihetta käsitellään omana kuormitustekijänä ja konetta kuormituspisteenä, muodostuu myös tuotannon ohjaus raskaaksi. [4.]



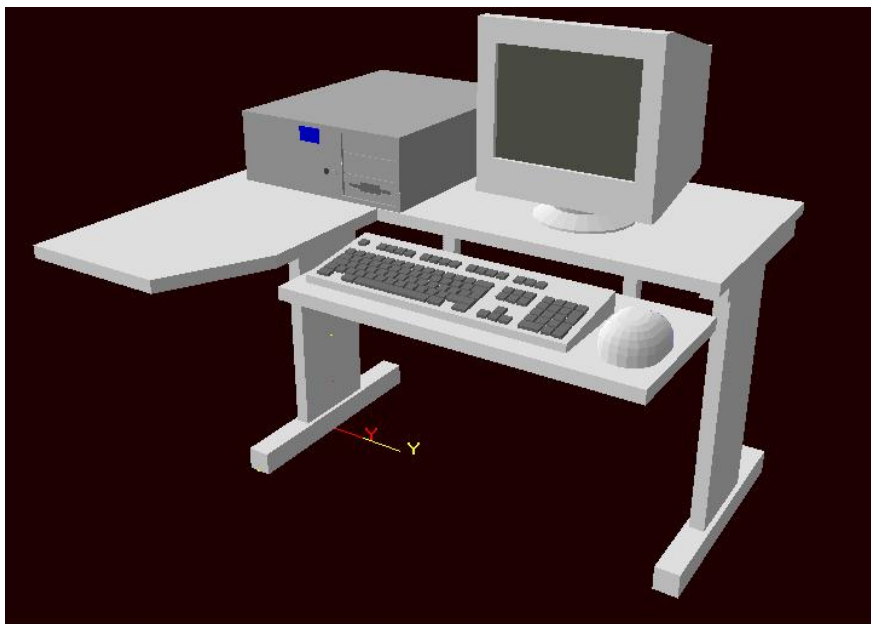
Kuva 10. Funktionaalinen tuotanto [4.]

Funktionaalinen järjestelmä on erittäin joustava. Järjestelmä joustaa valmistettavien kappaleiden ominaisuuksien, eräsuuruuksien kuin myös töiden järjestelyn suhteen. Lisäksi järjestelmän rakentaminen ja ylläpitäminen on helppoa. Osavaiheiden väliin rakennetaan puskurivarastoja, millä taataan tuotannon jatkuvuus. Jokaiseen osavaiheeseen suunnitellaan suuri kapasiteetti, ja tuotantoa ajetaan läpi mahdollisimman suurissa erissä. Näin sarjanvaihtokustannukset saadaan alhaisiksi. Funktionaalisessa tuotantojärjestelmässä on yleistä moniportaisuus ja suuri valmistuksesta erillään oleva sivu- ja tukitoimintojen määrä. [4.]

## 4 TYÖSSÄ KÄYTETYT OHJELMAT

### 4.1 Delmia Quest

Delmia Quest on Dassault Systemsin tuottama ohjelmisto, joka kattaa lähes kaikki teollisuuden toimialat. Useat eri yritykset käyttävät tätä ohjelmistoa sen monipuolisuuden ja selkeyden vuoksi. Se lieneekin kaikkein käytetyin ohjelmisto layout-suunnittelussa. Asiakkaista voitaneen mainita lentokonevalmistaja Boeing ja autovalmistaja Toyota. Delmia Quest sisältää monipuolisen 3D-simulointimahdollisuuden lisäksi jokseenkin kömpelön mallintamismahdollisuuden, joka kankeudestaan johtuen ei oikein sovellu kuin yksinkertaisten kappaleiden mallintamiseen. Tästä johtuen Questia on käytettykin tässä työssä vain 3D-layoutin luomiseen ja Autodesk Inventoria kappaleiden ja koneiden mallintamiseen, kuten ATK-pöytä kuvassa 11. [5.]



Kuva 11. Inventorilla mallinnettu ATK-pöytä Questin CAD-sovelluksessa

### 4.2 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor on AutoCAD-pohjainen suunnittelu- ja mallinnusohjelmisto, joka on erittäin suosittu. Helppokäyttöisyytensä ansiosta se soveltuu erinomaisesti monenlaisiin työ-

ympäristöihin. Inventorilla on helppoa luoda jokseenkin monimutkaisiakin 3D-kappaleita, mutta ongelman aiheuttaa yleensä tietokoneen teho. Tästä syystä layout-suunnitelmiin mallinnettaessa usein koneet ja laitteet mallinnetaan vain pääpiirteittäin. Oman hankaluutensa asiaan tekee myös se, etteivät eri ohjelmistojen valmistajat ole päässeet yhteisymmärrykseen ohjelmien käyttämistä tiedostoformaateista. Tämä aiheuttaa joskus hankaluuksia siirrettäessä malleja ohjelmasta toiseen.

### 4.3 Delmia Igrip

Delmia Igrip on myös Dassault Systemsin tuottama ohjelmisto. Igrip-ohjelmisto on pääasiallisesti tarkoitettu robottisolujen simulointiin ja valmistettavuuden tarkasteluun. Ohjelmistoa käytetään myös robottien etäohjelmointiin ja konesuunnitteluun. Igrip-sovelluksina voitaneen mainita erilaiset hitsaus-, maalaus-, kokoonpano- ja viimeistelysimulaatiot. Pääasiallinen käyttö kuitenkin on erilaisten robottisovellusten simulointi.

## 5 MALLINTAMINEN JA SIMULOINTI

### 5.1 Mallintamisen perusteet

Mallintamisella tarkoitetaan jonkin olemassa olevan asian, ilmiön tai systeemin esittämistä jollain muulla tavoin kuin itsellään. [6.] Yleisimpiä malleja ovat kartat ja pienoismallit. Nykyään on ryhdytty mallintamaan myös erilaisia tapahtumia ja prosesseja. Mallintamisen apuna käytetään tietokoneita ja niihin suunniteltuja mallinnusohjelmia. Mallinnusohjelmilla luodaan erilaisia virtuaalimalleja niin koneista ja laitteista kuin vaikkapa kokonaisista tehtaista.

Mallintamisen haittapuolena on se, etteivät mallit koskaan vastaa todellisuutta kaikin puolin, vaan ovat enemmän tai vähemmän arvioita tai likiarvoja oikeista tilanteista. Mallintamisen edut kuitenkin ovat usein niin suuret ja epätarkkuudet pieniä, etteivät pienet arviot ja virhemahdollisuudet juurikaan haittaa. Lisäksi mallintaminen tulee yleensä huomattavasti halvemmaksi kuin oikean systeemin rakentaminen.

Lisäksi on huomioitava, ettei isoja rakennelmia ja monimutkaisia koneita ja laitteita kannata ruveta tekemään ennen kuin niistä on luotu periaatemallit. Malleista saadaan tietää, onko rakennelma tai kone edes mahdollinen tai järkevä toteuttaa suunnitellulla tavalla.

### 5.2 Simuloinnista yleisesti

Mallintamiseen kuuluu olennaisesti myös simulointi. Simuloinnilla tarkoitetaan todellisuuden jäljittelyä, esimerkiksi tietokonepelit ja simulaattorit. Suomessa simulaattoreita käytetään mm. merenkulun, ilmailun, metsäkone- ja liikennealan koulutuksessa. Myös puolustusvoimat käyttävät simulaattoreita erilaisten taistelutilanteiden ja raskaiden aseiden koulutuksessa.

Nykyään simuloidaan myös paljon erilaisia tuotantoprosesseja, joita muutoin olisi hankala tarkastella ennen kalliin tuotantolaitoksen rakentamista. Myös prosesseihin suunnitellut muutokset voidaan simuloida ennen varsinaisia muutoksia, ja näin todentaa muutosten toimivuus. Simuloinnilla saavutetaan se etu, että erilaisia tilanteita ja mahdollisuuksia voidaan testata ilman kalliita muutoksia. Mallien nopea muokkaaminen on myös simuloinnista saatava etu. Simuloinnilla saadaan yleensä tulokset nopeammin näkyviin, mikä taas parantaa tehok-



kuutta. Näin mahdolliset suunnitteluvirheet ovat nopeasti havaittavissa ja siten myös korjattavissa.

## 6 TYÖN TOTEUTUS

### 6.1 Aiheen valinta

Aihevalinnan lähtökohtana oli löytää mahdollisimman paljon omaa koulutusta vastaava aihe. Aluksi aiheen löytäminen oli vaikeaa aktiivisesta etsinnästä ja kyselyistä huolimatta, koska kysyntä tämän kaltaisille töille on kohtuullisen vähäistä Kajaanissa. Lopulta aihe kuitenkin löytyi koneistamo Almilta opettajani Jarmo Happonen avustuksella. Työnä oli pääasiassa mallintaa koneistamon nykyinen tilanne.

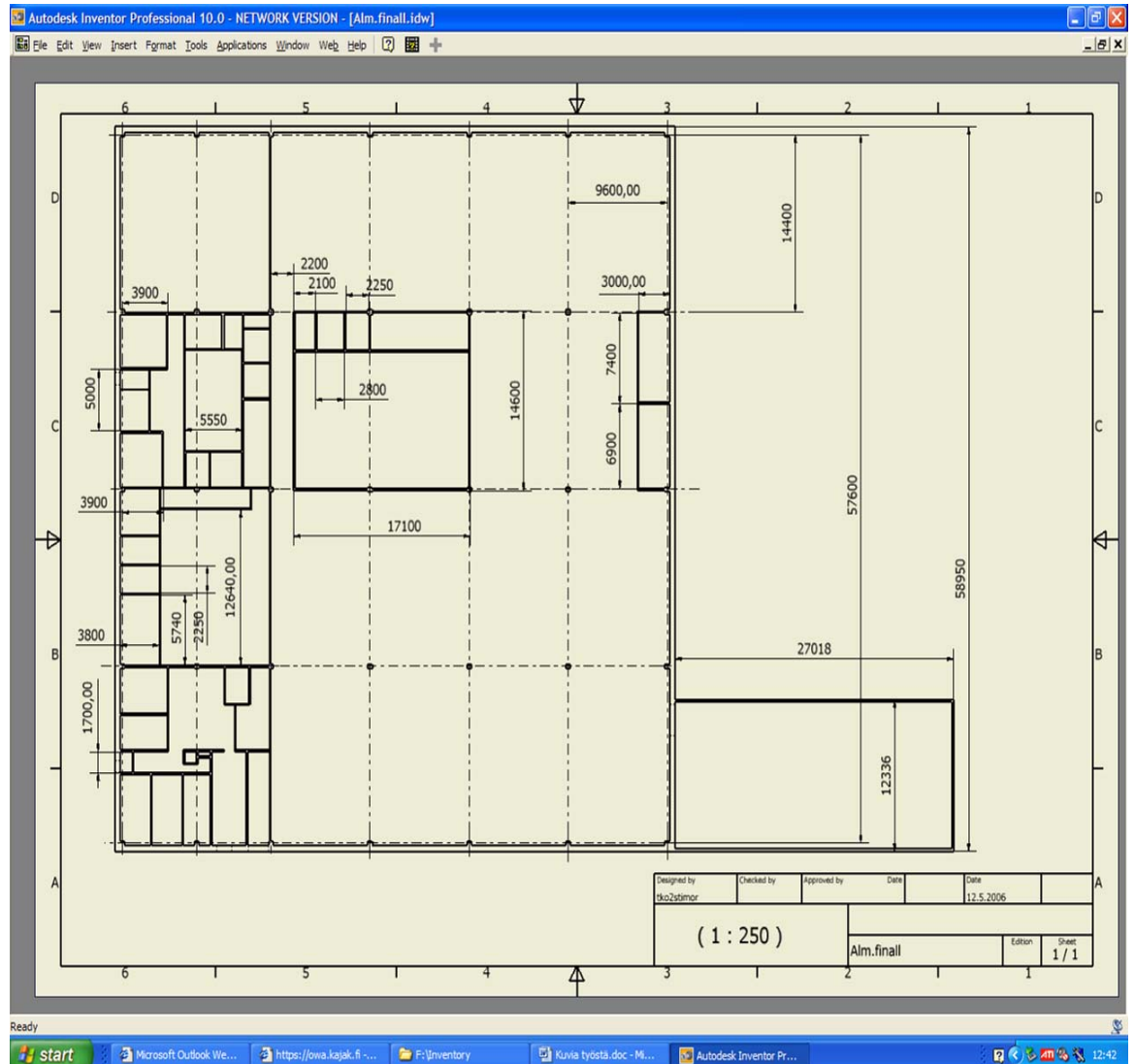
### 6.2 Aloituspalaveri

Työ aloitettiin pitämällä aloituspalaveri, jossa olivat mukana Mika Alm, Jarmo Happonen ja Timo Rintala. Palaverin tarkoituksena oli kartoittaa työn lähtökohtia, laajuutta, tarkoitusta ja toteutustapaa. Koneistamon hallista oli olemassa jo jonkinlainen Valtion tieteellisen tutkimuslaitoksen (VTI) tekemä malli. Malli oli tuotettu Igrip-ohjelmalla ja sovittiin, että tätä mallia saisi käyttää hyväksi, mikäli se vain olisi mahdollista. Työn tavoitteena oli luoda 3D-mallit tuotantotiloista ja koneista. Toisena tavoitteena oli selkeä dokumentointi sekä layout-vaihtoehtojen läpikäynti ajan puitteissa.

### 6.3 Tilojen mallintaminen

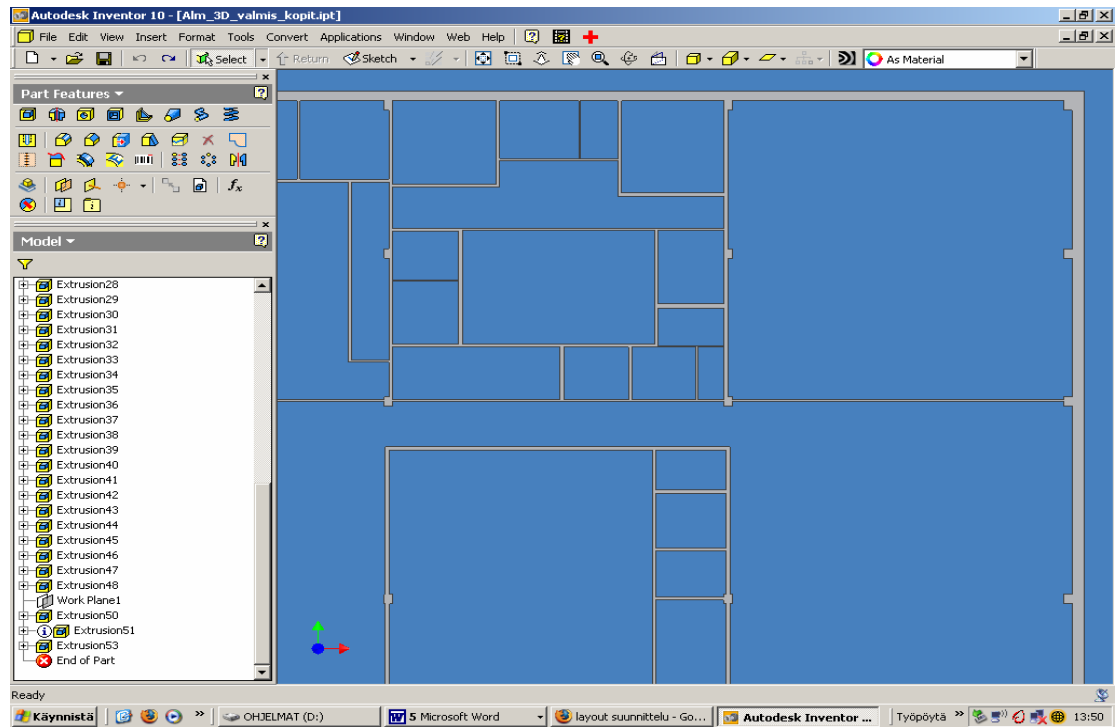
Työ aloitettiin tutustumalla mallinnettaviin tiloihin ja koneisiin sekä olemassa oleviin pohjapiirustuksiin. Piirustukset olivat vanhoja ja tiloja oli muutettu jälkikäteen, minkä vuoksi ne eivät vastanneet nykytilannetta. Ensimmäinen vaihe oli siis mitoittaa tilat uudestaan, jotta itse mallinnus voitiin aloittaa. Tilojen mitoitus oli hieman hankalaa, sillä tilat olivat sokkeloisia ja koneet olivat paikoillaan. Mittauksen apuna käytettiin ultraäänietäisyysmittalaitetta. Koska ultraääni vaatii laajan ja esteettömän reitin mittalaitteen ja mitattavan pinnan väliin, ei tämäkään menetelmä soveltunut kuin osin tähän työhön. Lisäksi mitattavien pintojen on oltava kovia ja sileitä, että ääniaallot kimpoaisivat siitä takaisin. Epätasainen, vino tai huokoinen pinta vääristävät mittauksia ja näin ollen aiheuttavat epätarkkuutta mittauksissa ja myöhem-

min mallissa. Tästä johtuen suurin osa mittauksista jouduttiin tarkistamaan perinteisesti mitanauhalla. Lukuisten mittauksien ja tarkistuksien jälkeen tiloista saatiin tarkat mitat ja piirretty pohjapiirustus (kuva 12), minkä jälkeen itse mallintaminen voitiin aloittaa.



Kuva 12. Tarkka pohjapiirustus koneistamon yläkerrasta

Mallintaminen aloitettiin luomalla kaksiulotteinen (2D) kuva tuotantotiloista sekä muista tiloista. Kaksiulotteinen malli on sellainen, jolla on kaksi dimensiota, X ja Y, eli pituus ja leveys. Kaksiulotteisella mallilla (kuva 13) ei siis kuvata tilaa vaan pintaa kuten neliö.



Kuva 13. Autodesk Inventorilla mallinnetun 2D-mallin osa

Mallin luominen aloitettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla siten, että valittiin rakennukselle nollapiste eli origo. Origo on koordinaatiston nollapiste, jonka suhteen muut koordinaatistolle piirrettävät pisteet ja viivat määräytyvät. Originon paikaksi valittiin rakennuksen nurkkapiste, koska tällöin seinien määrittely on helpompaa ja tarkempaa, koska periaatteessa minkään pisteen paikkaa ei tarvitse laskea ulkoseiniä mallinnettaessa.

Ulkoseinien mallintamisen jälkeen mallinnettiin samaan 2D-kuvaan myös kantavat väliseinät. Samaan 2D-kuvaan mallintaminen perustuu siihen, että kantavien seinien paikkoja ei voi muuttaa suhteessa ulkoseiniin, ja näin ollen ne on järkevää mallintaa yhdeksi kokonaisuudeksi. Ulkoseinien 2D-mallintamisen jälkeen seinät pursotettiin kolmiulotteisiksi (3D). Pursottamisella tarkoitetaan kolmannen ulottuvuuden eli korkeuden luomista kaksiulotteiselle pinnalle. Kolmiulotteisella mallilla on kolme dimensiota, X, Y ja Z, jotka ovat pituus, leveys ja korkeus. Kolmiulotteinen malli on siis pintamallin lisäksi tilavuusmalli kuten kuutio.

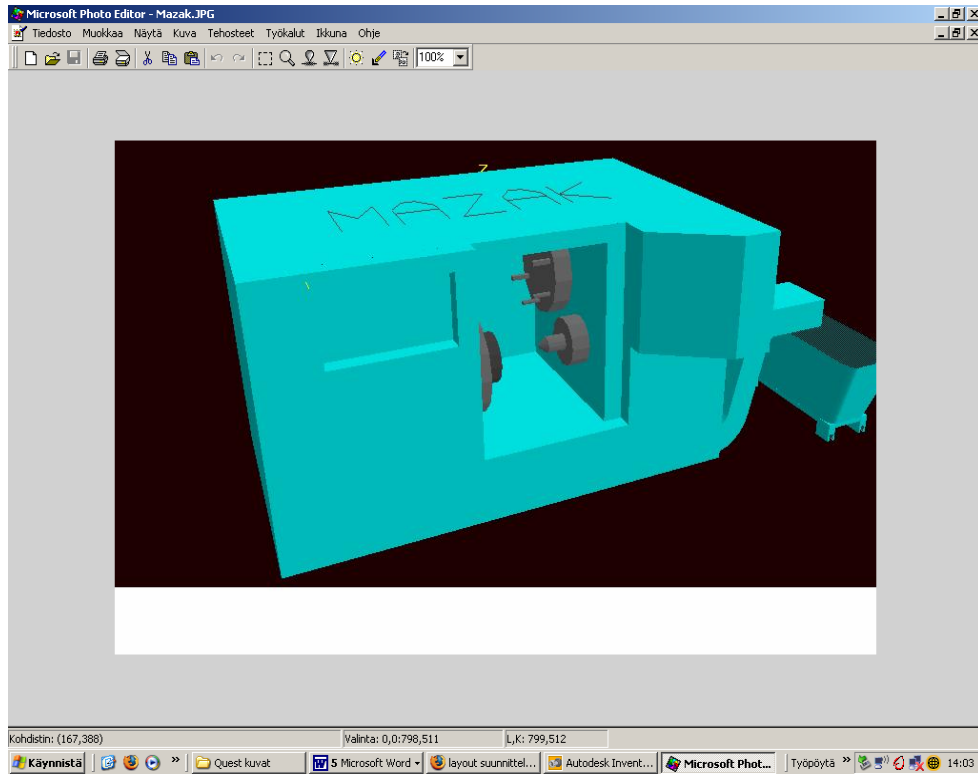
Ulkoseinien mallinnuksen jälkeen mallinnettiin kevyet väliseinät. Koska nämä seinät ovat purettavissa ja siirrettävissä ulkoseiniin nähden, ne mallinnettiin erilleen kiinteistä seinistä. Tämä mahdollistaa yksittäisten seinien siirron ja muokkaamisen ilman, että koko mallia tarvitsisi muuttaa. Tämä tekee mallista helpon ja nopean muokattavan, jolloin sitä voidaan muuttaa tarpeen mukaan.

## 6.4 Koneiden mallinnus

Koneistamo Almin konekanta on suhteellisen laaja. Koneiden suuren lukumäärän vuoksi oli suuri työ mallintaa koneet ja laitteet muistuttamaan esikuviaan, kuitenkin tekemättä mallia liian raskaaksi. Tästä johtuen koneet ja laitteet mallinnettiin vain pääpiirteittäin eikä yksityiskohtaisesti. Koska osa koneista oli jo mallinnettu aikaisemmin VTT:n tekemään malliin, päätettiin näitä malleja käyttää hyväksi, ja mallintaa vain ne koneet, joista malleja ei vielä ollut. Mallintamiseen käytettiin pääasiallisesti Autodesk Inventor -ohjelmistoa, sillä Questin oma CAD-osio oli jokseenkin kankea, eikä siihen juurikaan ollut tarvinnut aikaisemmin perehtyä. Myös Igrip-ohjelmiston CAD-sovellus oli kömpelö, ja vähäisen kokemuksen vuoksi hankala käyttää.

Autodeskin tuottaman AutoCAD-ohjelmiston 3D-sovellus oli sen verran monimutkainen, että parhaaksi vaihtoehdoksi jäi Autodeskin Inventor. Tässä ohjelmistossa oli vain yksi huono puoli työtä ajatellen. Koska monissa yrityksissä käytetään jostain kumman syystä vielä AutoCAD-ohjelmistoa, myös tämän työn tilaaja halusi konekuvat ja -mallit AutoCAD:n käyttämiin tiedostoformaateihin kuten DWG ja DXF. Kuitenkaan Autodesk Inventor ei jostain syystä tue suoraan AutoCAD:n käyttämiä formaatteja, mikä taas puolestaan aiheuttaa sen, ettei malleja suoraan voi siirtää ohjelmasta toiseen.

Tästä johtuen menikin paljon aikaa sopivien muunnosohjelmien löytämiseen ja niiden käytön opettelemiseen. Itse koneiden mallinnus tapahtui hyvin pitkälti samalla tavalla kuin seinien ja rakenteiden mallinnuskin. Koneet olisi voinut mallintaa pienemmissä osissa ja koota sitten Questin CAD-osiossa, mutta tällä menettelyllä ei olisi saavutettu suurtakaan hyötyä, koska koneiden ja laitteiden ei tarvinnut olla kineettisiä. Kineettisellä koneella tarkoitetaan konetta, jonka osat voivat liikkua määrätysti toisiinsa nähden. Kuvassa 14 on esitetty Mazak, joka on mallinnettu Inventorilla ja tuotu sitten Questin CAD sovellukseen.



Kuva 14. Mazak Quick-turn 10 NC-sorvi Questin CAD-sovelluksessa

## 6.5 Koneet

Koneistamo Almilla on käytössä monenlaisia koneita ja laitteita. Seuraavaksi on esitelty osa koneista lyhyesti pääpiirteittäin.



Kuva 15. Mazak Integrex 200 III S Monitoimisorvi [7.]

ohjaus: Mazatrol Fusion 640 MT Pro

LNS Quick Load Servo III

Karojen lukumäärä 2 kpl

työkalumäärä:

makasiinissa 40 kpl

alarevolverissa 9 kpl

sorvaushalkaisija istukassa 660 mm

sorvaushalkaisija tankotyössä 65 mm

lisävarusteet:

pyörivät työkalut

C-akselit

Y- ja B- akselit

alarevolveri



Kuva 16. Nakamura TW-20 NC –sorvi [8.]

Fanuc 16TT; Nakamura Luck-bei -ohjaus  
Hydrobar THB 42 -tangonsyöttölaite  
revolverin työkalumäärä 24 kpl  
sorvaushalkaisija istukassa 270 mm  
sorvaushalkaisija tankotyössä 40 mm  
lisävarusteet:  
pyörivät työkalut  
C-akselit  
kappaleen poistaja





Kuva 17. **Dainichi F 20 NC –sorvi** [9.]

Fanuc OT -ohjaus  
 holkki-istukka  
 revolverin työkalumäärä 12 kpl  
 FMB Turbo -tangonsyöttölaite  
 sorvaushalkaisija istukassa 250 mm  
 sorvaushalkaisija tankotyössä 50 mm



Kuva 18. **Mazak Quick-turn 10 NC –sorvi** [10.]

Mazatrol CAM T-2 -ohjaus  
 Hydrobar THB 42 -tangonsyöttölaite  
 revolverin työkalumäärä 12 kpl  
 sorvaushalkaisija istukassa 250 mm  
 sorvaushalkaisija akselityössä 200 mm  
 sorvaushalkaisija tankotyössä 40 mm



Kuva 19. **Gildemeister N.E.F 560 NC** –sorvi [11.]

Fanuc-TS -ohjaus  
 kärkiväli 2000 mm  
 johteiden päällä Ø 560 mm  
 kelkan päällä Ø 250 mm



Kuva 20. **Kiwa Excel - 510** pystykarainen koneistuskeskus [12.]

Fanuc OM -ohjaus  
 työkalumäärä 16 kpl  
 suurimmat liikealueet:  
 pituusliike X 510 mm  
 poikittaisliike Y 410 mm  
 pystyliike Z 460 mm

## 7 TYÖN ANALYSOINTI

Työ tehtiin koneistamo Almille. Tavoitteena oli luoda virtuaalimalli tuotantotiloista sekä mallintaa koneet ja laitteet fyysisiltä pääpiirteiltään. Työ aloitettiin tutustumalla tiloihin sekä koneisiin. Tilat ja laitteet mallinnettiin pääasiallisesti Autodeskin Inventor -ohjelmalla. Mallinnuksen jälkeen mallit kasattiin virtuaalimalliksi Dassault Systemsin Delmia Quest ohjelmassa. Lopputuotokseksi sovimme selkeän dokumentoinnin lisäksi, että mallit olisivat DWG- ja DXF-formaateissa. Työtä analysoitaessa voidaan työ jakaa kahteen eri osioon. Ensimmäinen ja vaativampi osio olisi mallit ja toisena osiona virtuaalimalli. Mielestäni tilojen ja koneiden mallit ovat selkeät ja ymmärrettävät. Tosin on todettava, että koneiden mallit ovat erittäin pelkistettyjä. Tämä johtuu siitä, ettei koneiden ja laitteiden malleista ollut järkevää tehdä yksityiskohtaisia, koska tämä olisi vain tehnyt mallista raskaan eikä olisi palvellut kenenkään etua. Kuitenkin lopputuloksen kannalta mallit ovat tarpeeksi tarkkoja koneiden tunnistamiseksi ja niiden fyysisten mittojen hahmottamiseksi. Raportointi on esitetty kirjallisesti, ja lisäksi koneista ja laitteista luodut mallit on nimetty selkeästi ja yksikäsitteisesti. Kirjallinen raportti sisältää hyvin niukasti kuvia itse työstä ja layout-suunnitelmista, koska työn tilaaja kielsi salassapitosopimuksella kuvien ja mallien jakamisen kolmannelle osapuolelle.

## 8 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö pohjautui pitkälti omaan käytännön kokemukseen 3D-mallinuksesta ja layout-suunnittelusta. Toteutuksessa on käytetty pohjana opittua teoretietoa ja työn edetessä ongelmatilanteet, joista ei ollut aikaisempaa kokemusta, ratkaistiin itse opiskelemalla. Käytetyistä ohjelmista on hyvin vähän saatavilla suomenkielistä ohjeistusta. Siksi ongelmatilanteissa kului paljon aikaa asioiden selvittämiseen. Suurimmat ongelmatilanteet syntyivät siirryttäessä eri tiedostoformaateista toiseen, koska oli sovittu, että lopputuotoksen mallit olisivat myös DWG- ja DXF -formaateissa. Koska pääasiallisesti työssä käyttämäni ohjelmat eivät tukeneet näitä formaatteja, piti apu etsiä muualta. Erilaisia emulaattoreita (käännösohjelmiä) on kyllä olemassa, mutta ongelmana oli se, ettei niitä ollut käytettävissä.

Ongelmana oli myös se, että ohjelmia ei ollut mahdollista saada kotitietokoneelle vaan oli päästävä koulun koneelle. Koulun koneelle pääsyä taas rajoitti tekemäni päivätyö, sekä iltatutkimus ryhmät. Itse mallintaminen Autodesk Inventorilla onnistui lähes poikkeuksetta ilman ongelmia, sillä olin mallintanut tällä ohjelmalla aika paljon myös aikaisemmin. Yksi hankaluuksi aiheuttava ohjelma oli myös Igrip, jonka opetus oli ollut jokseenkin pintapuolista. Tästä johtuen lähes kaikki siihen liittyvä oli opeteltava työn edetessä. Delmia Quest oli jokseenkin hyvin hallussa, tosin sen CAD-osio oli jäänyt hieman vähemmälle huomiolle opetuksessa. Uskoisin tämän kuitenkin johtuvan siitä, että Questin CAD-sovellus on niinkin jähkky ja hankala kuin on ja näin ollen soveltuu huonosti itse mallintamiseen. Mallien tuominen ja yhdistely Quest-ohjelmassa ei aluksi ollut niin selvää, sillä olimme harjoituksissa aikaisemmin käyttäneet vain Questin omasta kirjastosta löytyneitä malleja ja koneita. Onneksi kuitenkin Questin online-tutorialista löytyi ohjeet, joilla suurin osa epäselvistä asioista saatiin ratkaistua.

## LÄHTEET

1. Koneistamo Almin kotisivut

Luettu 1.4.2007 [www-dokumentti]

<http://www.koneistamoalm.fi/>

2. Happonen Jarmo 2001. Tuotannonohjaus. Opintomoniste. Kajaani: Kajaanin Ammattikorkeakoulu

3. Delmia Inc. kotisivut

Luettu 2.4.2007 [www-dokumentti]

<http://www.delmia.com/>

4. Tuotantotalous

Luettu 1.4.2007 [www-dokumentti]

[http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1\\_2tuotannollinen\\_yritys.htm](http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm)

5. Delmia Inc. lehdistötiedote

Luettu 2.4.2007 [www-dokumentti]

<http://www.3ds.com/news-events/press-releases/release/1462/1/>

6. Mallintaminen

Muokattu 28.4.2007. [www-dokumentti]

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Mallintaminen>

7. CTMV:n kotisivut

Luettu 20.3.2007 [www-dokumentti]

[http://ctmw.ru/content/images/s\\_55.jpg](http://ctmw.ru/content/images/s_55.jpg)

8. Egelykke Jenssens Maskinfabrik A/s kotisivut

Luettu 20.3.2007 [www-dokumentti]

[http://www.egelykke.dk/pic/Fraesning/nakamura\\_tw20.jpg](http://www.egelykke.dk/pic/Fraesning/nakamura_tw20.jpg)

9. Dainichi machineryn kotisivut

Luettu 20.3.2007 [www-dokumentti]

<http://www.dainichi-machinery.com/images/f20.gif>

10. Aluminium Service GmbH kotisivut

Luettu 20.3.2007 [www-dokumentti]

<http://wiv4.pageo.de/alu-service/maschinenliste2/20020319154915/image>

11. SzJ Turning-CNC kotisivutu

Luettu 20.3.2007 [www-dokumentti]

<http://www.forgacsolo.hu/elado/5/kep.jpg>

12. Porex Precision Machining kotisivut

Luettu 20.3.2007 [www-dokumentti]

<http://porexmachining.tripod.com/images/56.jpg>

## LIITE LUETTELO

LIITE 1

Koneluettelo

### **Mazak Integrex 200 III S Monitoimisorvi**

- hankintavuosi 2005
- ohjaus: Mazatrol Fusion 640 MT Pro
- LNS Quick Load Servo III
- Karojen lukumäärä 2 kpl
- työkalumäärä:
  - makasiinissa 40 kpl
  - alarevolverissa 9 kpl
- sorvaushalkaisija istukassa 660 mm
- sorvaushalkaisija tankotyössä 65 mm
- lisävarusteet:
  - pyörivät työkalut
  - C-akselit
  - Y- ja B- akselit
  - alarevolveri

### **Nakamura TW-20 NC -sorvi**

- hankintavuosi 1995
- Fanuc 16TT; Nakamura Luck-bei -ohjaus
- Hydrobar THB 42 -tangonsyöttölaite
- revolverin työkalumäärä 24 kpl
- sorvaushalkaisija istukassa 270 mm
- sorvaushalkaisija tankotyössä 40 mm
- lisävarusteet:
  - pyörivät työkalut
  - C-akselit
  - kappaleen poistaja

### **Dainichi F 20 NC -sorvi**

- hankintavuosi 1989
- Fanuc OT -ohjaus
- holkki-istukka
- revolverin työkalumäärä 12 kpl
- FMB Turbo -tangonsyöttölaite
- sorvaushalkaisija istukassa 250 mm
- sorvaushalkaisija tankotyössä 50 mm

### **Mazak Quick-turn 10 NC -sorvi**

- hankintavuosi 1987
- Mazatrol CAM T-2 -ohjaus
- Hydrobar THB 42 -tangonsyöttölaite
- revolverin työkalumäärä 12 kpl
- sorvaushalkaisija istukassa 250 mm
- sorvaushalkaisija akselityössä 200 mm
- sorvaushalkaisija tankotyössä 40 mm



**Glidemeister N.E.F 560 NC -sorvi**

- Fanuc-TS -ohjaus
- kärkiväli 2000 mm
- johteiden päällä Ø 560 mm
- kelkan päällä Ø 250 mm

**Colhester Triumph 2000 -kärkisorvi**

**Harrison M300 -kärkisorvi**

**Harrison M350 -kärkisorvi**

**TOS Galanta -kärkisorvi**

**ZPS-R5 -revolverisorvi**

- pyörimishalkaisija johteiden päällä 530 mm
- pyörimishalkaisija kelkan päällä 230 mm

**mitsui seiki hu 50 vaakakarainen koneistuskeskus**

- hankintavuosi 1999
- 500 mm paletilla, 6 paletin palettirata, BT-50 kartiolla
- 12.000 r / min.
- pöydän pituusliike (X) 720 mm
- karalaatikon pystyliike (Y) 700 mm
- pylvään poikittaisliike (Z) 650 mm

**Kiwa Excel - 510 pystykarainen koneistuskeskus**

- hankintavuosi 1989
- Fanuc OM -ohjaus
- työkalumäärä 16 kpl
- suurimmat liikealueet:
  - pituusliike X 510 mm
  - poikittaisliike Y 410 mm
  - pystyliike Z 460 mm

**EZ - TRAK NC -jyrsinkone**

- hankintavuosi 1998
- maksimi pöydän pituusliike 762 mm
- maksimi pöydän poikittaisliike 305 mm
- maksimi pystyliike 427 mm

**TOS FNK 25 A -työkalujyrsinkone**

- hankintavuosi 1995
- maksimi pöydän pituusliike 800 mm
- maksimi pöydän poikittaisliike 360 mm
- maksimi pystyliike 350 mm
- digitaalinen mittalaite

### **Bridgeport BR2 -työkalujyrsinkone**

- maksimi pöydän pituusliike 720 mm
- maksimi pöydän poikittaisliike 320 mm
- maksimi pystyliike 400 mm
- digitaalinen mittalaite

### **Mubea KL 350 -lävistyspuristin**

- lävistysvoima 350 kN
- esimerkki lävistysvoimasta: Ø 28 mm reikä 10 mm:n levyyn

### **Arboga U1 -pylväsporakone**

- porausteho teräkseen Ø 35 mm

### **Proth, tasohiomakone**

- magneettipöydän koko 500\*250 mm

### **Trowal Cirklon -vibraattori CLS 230**

- jäysteen poisto

### **Sahat**

- Elu-MGS 73 -puoliautomaattinen alumiinisaha
- Thomas -alumiinisaha
- Kasto Av 220 -automaattinen vannesaha
- Kasto Funktional U -vannesaha

### **Hitsauskoneet**

- Kemppi PSS 5000
- Kemppi Pro Inox
- Kemppi Master Tig AC/DC 3500 W

### **ATK-järjestelmät**

- Pro/Engineer -mekaniikkasuunnitteluohjelmisto
- MASTERCAM-ohjelmointijärjestelmä
- Integroitu Liinos-6 -yrityksen hallintaohjelmisto